



21	Aktenzeichen:	P 39 02 446.6-44
22	Anmeldetag:	27. 1. 89
43	Offenlegungstag:	—
45	Veröffentlichungstag der Patenterteilung:	5. 7. 90

DE 3902446 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Sulzer-Escher Wyss GmbH, 7980 Ravensburg, DE

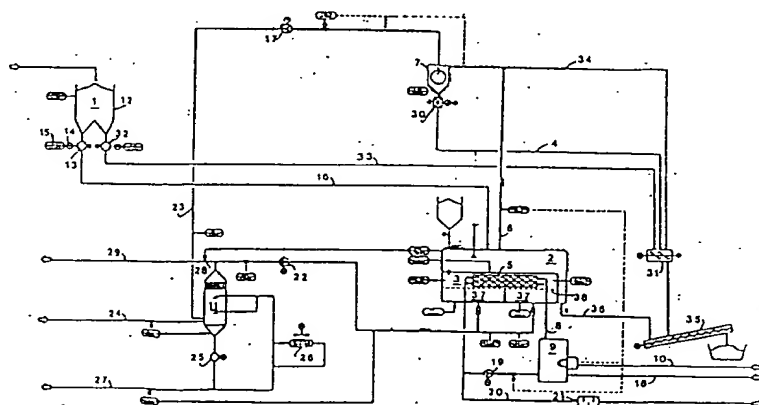
72) Erfinder:
Keller, Karl, Dipl.-Ing., 7959 Gutenzell, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS	30 47 060
DE-OS	29 43 558

⑤④ Verfahren zur Trocknung eines Schlammes

Im Fließbett-Trockner (2) wird eine Sandschicht (3) mit einem Gasstrom fluidisiert und über eingetauchte, ortsfeste Wärmetauschröhre (5) erhitzt. Der zu trocknende Schlamm (1) wird im pumpfähigen Zustand kontinuierlich von oben auf die Schicht (3) unter Druck eingetragen. In der Schicht wird der Schlamm zu Schlammknollen koaguliert. Hier werden die Schlammknollen sukzessive von der Oberfläche bis zum Kern getrocknet, und die jeweils bereits abgetrockneten Lagen werden sukzessive durch den fluidisierten Sand abgerieben, wodurch die Schlammknollen vollständig zerrieben werden und ihre Trockensubstanz pulverisiert wird. Dieser Produktstaub wird kontinuierlich mit dem Abgasstrom (6) aus dem Trockner (2) ausgetragen und aus dem Abgasstrom (6) kontinuierlich als Produkt (4) abgetrennt. Der entstaubte Gasstrom (23) wird zum Fluidisieren in den Trockner (2) in einem Kreislauf rezirkuliert.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trocknung eines Schlammes der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Zur Trocknung können sämtliche Suspensionen, Schlämme, Pasten und Filterkuchen aus verschiedensten Entwässerungsmaschinen anfallen. Dazu gehören insbesondere Klärschlämme aus kommunalem oder industriellem Abwasser, die aus damit beschickten Kläranlagen stammen.

Diese Schlämme werden mechanisch entwässert. Ihre Weiterverarbeitung, Verwertung oder Entsorgung setzt eine thermische Trocknung voraus. Die pastösen Schlämme enthalten je nach Entwässerungsgrad 40 bis 60% Wasser, was die Hantierbarkeit und die Verfahren zur Verwertung oder Entsorgung der Schlämme beeinträchtigt. Die thermische Trocknung verbessert oder erweitert die Möglichkeiten zur Verwertung dieser Schlämme und/oder reduziert die anfallende zu entsorgende Menge.

Ein bekanntes Verfahren benutzt einen direkten Trommeltrockner. Der Schlamm wird je nach Konsistenz gegebenenfalls nach Vorbehandlung in eine rotierende, zum Austrag hin geneigte Trommel aufgegeben und wandert durch ständiges Abrollen in der sich drehenden Trommel zum Austragsende. Gleichzeitig durchströmt heiße Luft oder heißes Rauchgas die Trommel im Gegen- oder Gleichstrom und nimmt dabei die Feuchtigkeit des Schlammes auf. Die Anlage ist mechanisch und energetisch aufwendig, und die feuchte und belastete Abluft aus dem Trommeltrockner bedarf einer aufwendigen Reinigung zur Emissionsbegrenzung.

Andere bekannte Vorrichtungen, wie z.B. in der DE-OS 30 47 060 publiziert, sind direkte Sandwirbelschicht-trockner. Heiße Luft oder heiße Rauchgase durchströmen eine Sandschicht von unten nach oben, was eine Fluidisierung dieser Sandfüllung erzwingt.

Ein Anströmboden sorgt für eine gleichmäßige Verteilung der einströmenden heißen Gase. Mehrere Pumpen drücken den Schlamm über Düsen direkt in die fluidisierte Sandschicht. Die Düsen sind knapp über dem Anströmboden, also im unteren Viertel der Sandschicht angeordnet. Der Schlamm gibt seine Feuchtigkeit an das durchströmende heiße Gas ab, welches nach dem Austritt aus dem Trockner gereinigt werden muß.

Des weiteren sind indirekte Kontakt-trockner bekannt. Bei diesen erfolgt die Erhitzung des Schlammes indirekt über Heizflächen. Je nach Trocknerbauart haben diese Heizflächen die Form von Scheiben, Paddeln, Walzen u.ä. Die dampf- oder ölbeheizten Heizflächen erwärmen den Schlamm, bis schließlich seine Feuchtigkeit verdampft, ein Ventilator die entstehenden Brüden absaugt und zur Kondensation drückt. Die Schlämme werden entweder auf die Heizflächen dünn aufgetragen und wieder abgeschabt, oder die Heizflächen werden bewegt, bzw. rühren im zu trocknenden Produkt.

Die Anmelderin bietet ein Verfahren an mit einem indirekten Wirbelschicht-trockner. Ein Schlammgranulat wird mit überhitzten Brüden im Kreislauf von unten nach oben in einem Fließbett durchströmt und dabei fluidisiert. Ein Anströmboden mit Düsen verteilt das Gas gleichmäßig auf die ganze Trocknerfläche und gewährleistet eine ausgeglichene Fluidisierung des Granulates. In dieser fluidisierten Schicht sind Heizflächen, z.B. Wärmetauscher, angeordnet, die indirekt die zur Trocknung erforderliche Energie an das Granulat übertragen. Die Heizflächen haben unterschiedliche Formen, wie

Glattrohre, Rippenrohre, Platten usw., die mit Dampf oder anderen Wärmeträgern beheizt werden. Ein Granulator erzeugt durch Vermischen von entwässertem Schlamm und einem Teil des bereits getrockneten Schlammes ein feuchtes, stabiles Granulat. Dieses feuchte Granulat wird in die Wirbelschicht eingetragen, wo seine Feuchtigkeit von den durchströmenden, überhitzten Brüden aufgenommen wird. Das getrocknete Granulat verläßt den Wirbelschicht-trockner über ein Überlaufwehr oder über einen Austragsapparat. Ein Teil des getrockneten Granulats geht zurück zum Granulator, wo entwässertes Schlamm zu dem feuchten Granulat zugesetzt wird. Die aus dem Wirbelschicht-trockner austretenden Brüden nehmen auch feinkörnige Produktpartikel und Staub mit, welche in einem Zyklon oder Filter abgeschieden und in den Granulator eingegeben werden. Die bei der Trocknung verdampfte Wassermenge wird als Brüden aus dem Kreislaufsystem abgezogen und kondensiert oder thermisch behandelt. Dieses Verfahren ist z.B. aus der deutschen Offenlegungsschrift 29 43 558 bekannt.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der anfangs angegebenen Art vorzuschlagen, das gegenüber den bisher bekannten wirtschaftlicher ist. Eine Vorbehandlung des Schlammes vor der Trocknung soll sich erübrigen. Das Austragen des Trockengutes aus dem Trockner soll vereinfacht werden. Der Energieaufwand des Verfahrens soll herabgesetzt werden. Eine eingesetzte Apparatur soll einfacher und billiger und dabei weitgehend störungsfrei und wartungsarm sein. Das Verfahren soll kontinuierlich ausführbar sein. Das Produkt soll einen hohen Trockensubstanzanteil aufweisen und sich leicht manipulieren lassen. Eine Umweltbelastung soll weitgehend vermieden werden. Die Belastung der Umgebung soll so gering wie möglich sein.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch Maßnahmen, die in dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegeben sind, erfüllt.

In den Unteransprüchen sind die kennzeichnenden Merkmale einiger vorteilhafter Ausführungsbeispiele des Verfahrens angegeben.

Im weiteren werden der Erfindungsgegenstand und seine Vorteile näher beschrieben und erklärt. Die Beschreibung bezieht sich auf eine Zeichnung, in der die einzige Figur als Beispiel ein Fließschema einer Anlage zur Durchführung der erfindungsgemäßen Trocknung eines entwässerten Klärschlammes aus einer kommunalen Kläranlage zeigt.

Der anfallende Schlamm 1 ist nach einer Entwässerung eine organische Substanzen enthaltende Suspension, die noch mit etwa 40% Wasser in pumpfähigem Zustand ist und in einem Silo 12 im Vorrat gehalten wird. Mittels einer Pumpe 13, deren Antriebsmotor 14 mit einer Steuervorrichtung 16 drehzahlregulierbar ist, wird der Schlamm in einen Fließbett-Trockner 2 durch eine Leitung 16 gepumpt, in welchem beim Betrieb eine erhitzte, mittels eines Gasstroms fluidisierte Sandschicht 3 aufgebaut wird.

Die mit einem Gasstrom fluidisierte Sandschicht 3 wird indirekt mittels in der Sandschicht 3 eingetauchter, ortsfester Wärmetauschkörper 5 erhitzt. Der pumpfähige zu trocknende Schlamm 1 wird unter Druck aus der Pumpe 13 in den Trockner 2 von oben auf die Sandschicht 3 im Gegenstrom zu dem fluidisierenden Gasstrom eingetragen. Die Aufgabestellen sind im obersten Bereich des Trockners 2 vorgesehen. Der fluidisierte Sand reißt den Schlamm sofort nach dessen Austritt aus

den Mundstücken einer Verteilvorrichtung mit. Bei diesem Vorgang koaguliert der Schlamm, und es bilden sich Schlammknollen, die sich aufgrund der Fluidisierung in der Sandschicht 3 verteilen und sich in dieser schwebend bewegen. Der heiße Sand und das heiße Fluidisierungsgas geben sukzessive die Wärmeenergie an die feuchten Schlammknollen ab, was zu einer stetigen Erwärmung unter Wasserverdampfung der Schlammknollen sukzessive Schicht für Schicht von der Oberfläche bis zum Kern führt. Der Wasserdampf wird von dem Gasstrom aufgenommen und mit dem Abgasstrom 6 aus dem Trockner 2 abgeführt. Gleichzeitig reibt der fluidisierte Sand ständig an der bereits abgetrockneten Lage der Schlammknollen und schleift den trockenen Schlamm, seine Trockensubstanz, als feinen Staub ab. Dieses Pulverisieren des Schlammes läuft an jeder Schlammknolle bis zur vollständigen Trocknung und Abschleifen zum jeweiligen Kern ab, bis sich sukzessive und schließlich die verbleibende Schlamm trockenmasse zerrieben hat und auf diese Weise pulverisiert wurde. Der aufsteigende fluidisierende Gasstrom reißt neben dem Wasserdampf auch die pulverisierte Schlamm trockenmasse, den Produktstaub mit und trägt so kontinuierlich das Produkt 4 mit dem Abgasstrom 6 aus dem Trockner 2 in Abhängigkeit von der Gasstromgeschwindigkeit heraus.

Die pulverisierte Trockensubstanz 4, die Schlamm trockenmasse also, wird kontinuierlich als Produkt aus dem Abgasstrom 6 in einer Abtrennstufe, dem Zyklon 7 abgetrennt. Ein Ventilator 17, in Stromrichtung hinter dem Zyklon 7 saugt den Abgasstrom 6 ab und verhindert damit einen Druckanstieg infolge der Wasserverdampfung und sonstiger Gasentwicklung bei dem Trocknungsvorgang in dem Trockner 2.

Das Erhitzen des Sandes in der Sandschicht 3 und des fluidisierenden Gasstromes erfolgt mittels glatter, horizontal in vorgesehenem Bereich der Sandschicht 3 im fluidisierten Zustand im Trockner 2 angeordneter Wärmetauschrohre 5, die von einem wärmetragenden Medium durchströmt werden. In diesem Beispiel sind Rauchgase 8 das wärmetragende Medium, die in einer Brennkammer 9 bei Verbrennung fossiler Brennstoffe 10 erzeugt werden. Notwendige Luft wird dazu durch eine Leitung 18 geführt. Mindestens ein Teil der Rauchgase wird nach dem Durchströmen der Wärmetauschrohre 5 über einen Ventilator 19 abgesaugt und in die Brennkammer 9 unter Rückgewinnung ihrer Restwärme geführt und so rezirkuliert. Der überschüssige Teil der Rauchgase wird über eine Leitung 20 dem Kreislauf entnommen und durch einen Schalldämpfer 21 abgeführt.

Der Abgasstrom 6, von dem das Produkt 4 abgetrennt worden ist, wird kontinuierlich zum Fluidisieren der Sandschicht 3, des Fließbettes im Trockner 2, rezirkuliert. Nach dem Zyklon 7 enthält das Gas noch den gesamten im Trockner neu entstandenen Wasserdampf und die sonstigen sich dort entwickelten Gase. Dieses zusätzliche Gasvolumen muß aus dem Gaskreislaufsystem abgezogen werden, um den Druck in dem Gaskreislaufsystem konstant zu halten. Das auf für die Fluidisierung der Schicht 3 im Fließbett-Trockner 2 erforderliche Gasmenge reduzierte Gasvolumen wird über einen Ventilator 22, Verteilkasten 37 und Anströmboden 36 des Trockners 2 geführt, womit der Gaskreislauf schließt.

Das Reduzieren der überschüssigen Gasmenge erfolgt in dem gezeigten Beispiel durch Kondensieren des kondensierbaren Gasüberschusses, vornehmlich des

überschüssigen Wasserdampfes in einem Kondensator 11, in den der gesamte Abgasstrom durch eine Leitung 23 geführt wird. Hier erfolgt die Kondensation durch Besprühen des Gases mit Kühlwasser, wofür eine Leitung 24 vorgesehen ist. Das Wasser mit dem Kondensat wird über eine Pumpe 25 und gegebenenfalls über einen Kühler 26 rezirkuliert, wobei ein Überschuß über eine Leitung 27 abgezogen wird. Falls nach dem Kondensator 11 in dem Kreislaufsystem noch ein Überschußvolumen vorliegt, wird eine entsprechende Gasmenge aus dem Kreislaufsystem durch Öffnen eines Ventils 28 über eine Leitung 29 abgezogen. In dem Kreislauf verbleiben Wasserdampf und die beim Trocknen frei werdenden Gase. Bei dem Kreislaufsystem wird so der zum Fluidisieren benutzte Gaskreislauf immer ärmer an freiem Sauerstoff, so daß schließlich der Vorgang im und nach dem Trockner 2 in nicht reaktionsfähiger Atmosphäre erfolgt, wodurch Brenn- oder Explosionsgefahren eliminiert werden.

Der in dem Zyklon 7 vorhandene Produktstaub weist ca. 90% TS auf. Die nach dem Austragapparat 30 erhaltene, pulverisierte Schlamm trockenmasse 4 wird zu einem Mischer 31 geführt, wo ein Teil des Schlammes 1 aus dem Silo 12 über eine drehzahlregelbare Pumpe 32 und eine Leitung 33 dem Produktstaub zugegeben wird, womit eine gewünschte Endfeuchtigkeit des Produktes eingestellt wird. Aus dem Mischer 31 führt zu dem Zyklon 7 eine Leitung 34, durch welche die im Mischer 31 entstandenen Gase abgezogen werden. Der Mischer 31 ist mit einem Granulator versehen, wo das die gewünschte Feuchtigkeit aufweisende Produkt zu einem Granulat verarbeitet wird. Auf diese Weise verarbeitete Endprodukt wird mittels einer Transportvorrichtung 35 verladen. An diese ist auch eine Leitung 36 angeschlossen, die, wenn nötig, zur Entleerung des Trockners 2 dient.

In dem Fließschema sind an einigen Stellen verschiedene Druck- bzw. Temperaturmeß- und Steuervorrichtungen normkonform dargestellt, die zur Kontrolle und zum Steuern des Verfahrens angewendet werden. Als bekannt und üblich brauchen sie nicht eigens beschrieben zu werden. Mit ihrer Hilfe läßt sich der Betrieb der Anlage mindestens weitgehend automatisieren.

Das Verfahren eignet sich zur Trocknung von verschiedensten Suspensionen, Schlämmen, Pasten und Filterkuchen aus verschiedensten Entwässerungsvorrichtungen. Beschrieben wurde hier das Verfahren zur Trocknung von kommunalen und/oder industriellen Klärschlämmen.

Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind folgende:

Die Schlämme müssen nicht mehr vor dem Eintrag in die Wirbelschicht strukturiert bzw. granuliert werden. Da der Sand die getrockneten Schlämme zu Staub zerreibt und der Staub mit dem Abgasstrom ausgetragen wird, ist kein komplizierter Austragsmechanismus aus dem Trockner notwendig. Auch die Rezirkulation von Produkt zur Granulierung kann entfallen.

Der Fließbett-Trockner arbeitet in einer chemisch nicht reaktionsfähigen Atmosphäre, welche aus leicht überhitzten Brüden und aus den in den Schlämmen enthaltenen Gasen ohne freien Sauerstoff besteht.

Der im Trockner fluidisierte Sand ist im Trocknungsverfahren ein absolut inertes Material, welches nicht mit dem Schlamm, der Feuchtigkeit oder dem Kreislaufgas chemisch reagiert. Dadurch sind im Trockner Entzündungen durch Überhitzung ausgeschlossen.

Die Energie zur Trocknung des Materials wird indi-

rekt an das Material bzw. an den fluidisierten Sand übertragen. Dadurch kommt das Heizmedium nicht in direkten Kontakt mit dem Material, bzw. dem Sand. Durch diese indirekte Beheizung fällt die verdampfte Feuchtigkeit als Wasserdampf an und kann als solcher durch einfache Kondensation unter Ausnutzung der Abwärme entsorgt werden.

An den horizontalen Glattrohr-Wärmetauschern in der fluidisierten Schicht erfolgt ein äußerst intensiver Energieaustausch mit hoher spezifischer Wärmeleistung. Eine optimale Kornverteilung des Sandes, welche entsprechend dem zu trocknenden Material gewählt wird, erlaubt eine relativ geringere Gasgeschwindigkeit und höhere Wärmeleistung als in einem Fließbett-Trockner mit Produktgranulatschicht. Dadurch verringert sich der elektrische Energiebedarf für den Antrieb der Ventilatoren.

Die fluidisierte Sandschicht reinigt während des Betriebs ständig die eingetauchten Heizflächen, so daß ihre Leistungsabnahme durch Verschmutzung ausgeschlossen ist.

Die horizontalen Glattrohr-Heizflächen sind ortsfest und damit statische Wärmetauscher. Sie können nicht nur mit Dampf oder flüssigen Wärmeträgern beheizt werden, sondern erlauben eine Beheizung mit heißen Gasen wie Luft oder Rauchgasen. Die heißen Rauchgase können als Abwärme oder aus einer Brennkammer mit direkter Feuerung anfallen. Anstelle der bisher bei indirekt beheizten Fließbettapparaten üblichen zwei Wärmeübergängen, vom Rauchgas zum Wärmeträgermedium und vom Wärmeträgermedium zum Produkt, ist hier nur ein Wärmeübergang vom Rauchgas zum Produkt erforderlich. Dadurch erhöht sich der verfügbare Temperaturgradient bzw. erniedrigt sich die Rauchgasaustrittstemperatur und damit die Energieverluste. Es entfällt so auch der bisherige Aufwand für die zweifachen Wärmetauschflächen.

Durch die inerte Sandschicht bleibt der Trockner absolut unempfindlich bei Temperaturschwankungen bzw. Überhitzungen. Die Sandschicht erlaubt auch eine rasche Aufheizung und ermöglicht das Anfahren der Anlage sofort mit Nennleistung. Auch beim Abstellen der Anlage ist ein zwangsweises Nachheizen für die inerte Sandfüllung absolut unbedenklich.

Das staubförmige Produkt läßt sich entsprechend einer weiteren Verwendung auf einen gewünschten Feuchtigkeitsgehalt von 50% bis 90% TS einstellen.

verisierten Trockensubstanz (4) als Produkt von dem Abgasstrom (6).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen der Sandschicht (3) mittels glatter, horizontal im Trockner (1) angeordneter Wärmetauschrohre (5) erfolgt, die von einem wärmetragenden Medium durchströmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als wärmetragendes Medium Rauchgase (8) aus einer Brennkammer (9) verwendet werden, in der fossile Brennstoffe (10) verbrannt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der Rauchgase nach Durchströmen der Wärmetauschrohre (5) zurück in die Brennkammer (9) geführt und rezirkuliert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasstrom (6) nach der Abtrennung (7) der pulverisierten Trockensubstanz (4) und Kondensieren der kondensierbaren Komponenten im Kondensator (11) in die Schicht (3) zurückgeführt wird.

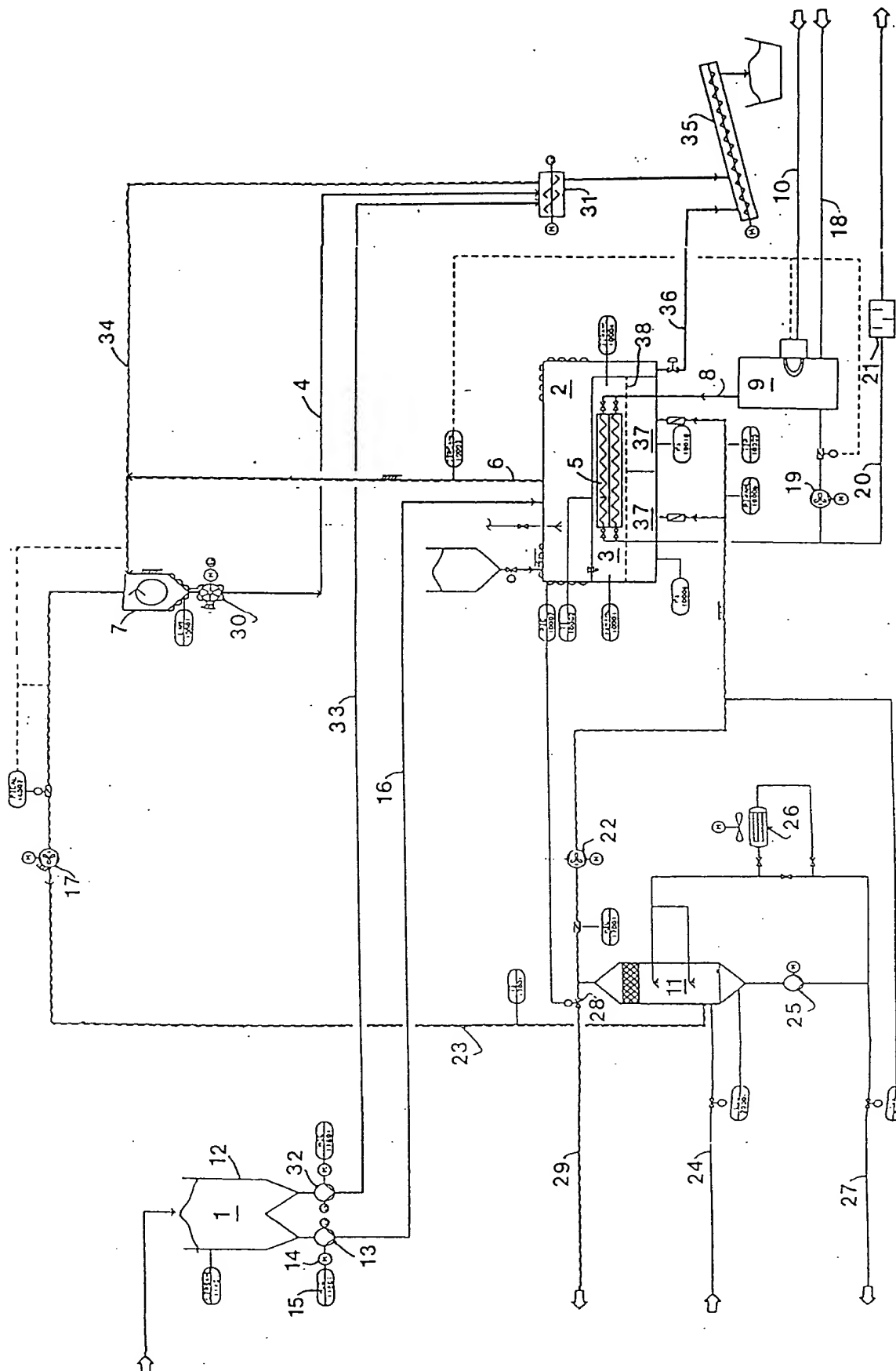
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Trockensubstanzstaub (4) durch Zumischen eines Teiles des Schlammes (1) zu einer Mischung gewünschter Feuchtigkeit aufbereitet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mischung gewünschter Feuchtigkeit zu einem Granulat verarbeitet wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung eines nach Entwässerung einer Suspension anfallenden, organische Substanzen enthaltenden Schlammes (1), insbesondere eines Klärschlammes aus kommunalem bzw. industriellem Abwasser, in einem Fließbett-Trockner (2) mit einer erhitzten, mittels eines Gasstroms fluidisierten Sandschicht (3), gekennzeichnet durch indirektes Erhitzen der Sandschicht (3) mittels in der Schicht (3) eingetauchter, ortsfester Wärmetauschkörper (5), durch kontinuierliches Eintragen des Schlammes (1) in pumpfähigem Zustand unter Druck in den Trockner (2) von oben auf die Schicht (3) im Gegenstrom zu dem fluidisierenden Gasstrom, durch kontinuierliches Austragen der pulverisierten Trockensubstanz (4) aus der Schicht (3) mit dem Abgasstrom (6) aus dem Trockner (2), und durch kontinuierliches Abtrennen (7) der pul-



THIS PAGE BLANK (USPTO)